

Verwendung einer Wärmedämmsschicht für ein Gehäuse einer Dampfturbine und eine Dampfturbine

- 5 Die Erfindung betrifft die Verwendung einer Wärmedämmsschicht nach Anspruch 1 oder 2 und eine Dampfturbine nach Anspruch 29.

Wärmedämmsschichten, die auf Bauteilen aufgebracht werden, 10 sind aus dem Bereich der Gasturbinen bekannt, wie sie z.B. in der EP 1 029 115 oder WO 00/25005 beschrieben sind.

Aus der DE 195 35 227 A1 ist bekannt, eine Wärmedämmsschicht 15 in einer Dampfturbine vorzusehen, um Werkstoffe mit schlechteren mechanischen Eigenschaften, die aber kostengünstiger sind, für das Substrat, auf das die Wärmedämmsschicht aufgebracht wird, verwenden zu können.

Die Wärmedämmsschicht ist im kälteren Bereich eines Dampfeinströmbereichs aufgebracht.

20

Die GB 1 556 274 offenbart eine Turbinenscheibe mit einer Wärmedämmsschicht, um den Wärmeeintrag in die dünneren Bereiche der Turbinenscheibe zu verringern.

25

Die US 4, 405,284 offenbart eine zweischichtige keramische äußere Schicht, um das Abschleifverhalten zu verbessern.

30

Die US 5,645,399 offenbart die lokale Aufbringung einer Wärmedämmsschicht in eine Gasturbine, um die Axialspiele zu verringern.

35

Die Patentschrift 723 476 offenbart ein Gehäuse, das zweiteilig ausgeführt ist und eine äußere keramische Schicht aufweist, die dick ausgeführt ist. Die Gehäuseteile des einen Gehäuses übereinander, aber nicht axial nebeneinander angeordnet.

Wärmedämmsschichten erlauben es, Bauteile bei höheren Temperaturen einzusetzen, als es der Grundwerkstoff allein zulässt, oder die Einsatzdauer zu verlängern.

- 5 Bekannte Grundwerkstoffe ermöglichen Einsatztemperaturen von maximal 1000°C - 1100°C, wohingegen eine Beschichtung mit einer Wärmedämmsschicht Einsatztemperaturen von bis zu 1350°C in Gasturbinen ermöglicht.
- 10 Im Vergleich zu Gasturbinen sind die Einsatztemperaturen von Bauteilen in einer Dampfturbine deutlich niedriger, Druck und Dichte des Fluids jedoch höher und Art des Fluids anders, so dass dort andere Anforderungen an die Materialien gestellt werden.
- 15 Wesentlich für den Wirkungsgrad einer Dampfturbine sind die radialen und axialen Spiele zwischen Rotor und Stator. Maßgeblichen Einfluss darauf hat die Verformung der Dampfturbinen-Gehäuse, deren Funktion es u.a. ist, die Leitschaufeln 20 gegenüber den an der Welle befestigten Laufschaufeln zu positionieren.
Diese Gehäuseverformungen enthalten thermische Anteile (aus Wärmeeintrag) sowie viskoplastische Anteile (aus Bauteilkriechen bzw. -Relaxation).
- 25 Bei anderen Komponenten einer Dampfturbine (z. B. Ventil-Gehäusen) wirken sich unzulässige viskoplastische Verformungen nachteilig auf deren Funktion aus (z. B. Dichtheit des Ventils).
- 30 Aufgabe der Erfindung ist es, die genannten Probleme zu überwinden.
- 35 Die Aufgabe wird gelöst durch die Verwendung einer Wärmedämmsschicht für ein Gehäuse für eine Dampfturbine gemäß Anspruch 1 oder 2.

- Die Aufgabe wird weiterhin gelöst durch eine Dampfturbine gemäß Anspruch 29, die eine Wärmedämmsschicht mit lokal unterschiedlichen Parametern (Materialien, Porosität, Dicke) aufweist. Lokal bedeutet örtlich voneinander abgegrenzte Bereiche der Oberflächen von einem oder mehreren Bauteilen einer Turbine.
- 10 Die Wärmedämmsschicht dient nicht notwendigerweise nur dem Zweck, den Bereich der Einsatztemperaturen nach oben zu verschieben, sondern auch dazu, das Verformungsverhalten gezielt positiv zu beeinflussen durch
- 15 a) die Absenkung der integralen stationären Temperatur eines Gehäuseteils gegenüber einem anderen Gehäuseteil,
b) eine Abschirmung der Bauteile gegen Dampf mit stark veränderlichen Temperaturen bei instationären Zuständen (Start, Abfahren, Lastwechsel),
20 c) eine Reduzierung der viskoplastischen Verformungen von Häusen, die sowohl durch abnehmende Kriechresistenz der Werkstoffe bei hohen Temperaturen als auch durch Thermo- spannungen infolge von Temperaturunterschieden im Bauteil entstehen.
- 25 In den Unteransprüchen sind weitere vorteilhafte Ausgestaltungen des erfindungsgemäßen Bauteils aufgelistet.
- Die in den Unteransprüchen aufgelisteten Maßnahmen können in
30 vorteilhafter Art und Weise miteinander verknüpft werden.
- 35 Vorteilhaft wirkt sich die kontrollierte Beeinflussung des Verformungsverhaltens bei einem Radialspalt zwischen Turbinen-Rotor und Turbinenstator aus, also Turbinenschaufel und einem Gehäuse auf, indem dieser Radialspalt minimiert wird.

Eine Minimierung des Radialspalts führt zur Erhöhung des Wirkungsgrads der Turbine.

Ebenso werden vorteilhaftweise durch das kontrollierte Ver-
5 formungsverhalten Axialspalte in einer Dampfturbine, insbe-
sondere zwischen Rotor und Gehäuse, kontrolliert eingestellt
und minimiert.

Besonders vorteilhaft wirkt es sich aus, dass eine integrale
10 Temperatur des Gehäuses durch die Aufbringung der Wärmedämm-
schicht geringer ist als die Temperatur der Welle, so dass
der radiale Spalt zwischen Rotor und Stator, d.h. zwischen
Laufschaufel spitze und Gehäuse bzw. zwischen Leitschaufel-
spitze und Welle, im Betrieb (höhere Temperaturen als Raum-
15 temperatur) kleiner ist als bei der Montage (Raumtemperatur).
Eine Verringerung der instationären thermischen Verformung
von Gehäusen und deren Angleichung an das Verformungsverhal-
ten der zumeist thermisch trügeren Turbinenwelle bewirkt
ebenfalls eine Reduzierung der vorzusehenden radialen Spiele.
20 Durch die Aufbringung einer Wärmedämmsschicht wird auch eine
viskose Kriechverformung reduziert, und das Bauteil kann län-
ger eingesetzt werden.

Die Wärmedämmsschicht kann vorteilhaftweise bei neuherge-
25 stelltten, gebrauchten (d.h. es ist keine Reparatur notwendig)
und wiederaufgearbeiteten Bauteilen verwendet werden..

Ausführungsbeispiele sind in den Figuren dargestellt.

30

Es zeigen

Figur 1, 2, 3, 4

Anordnungsmöglichkeiten einer Wärme-
dämmsschicht eines Bauteils,

35 Figur 5, 6

einen Gradienten der Porosität in-
nerhalb der Wärmedämmsschicht eines
Bauteils,

Figur 7, 9

den Einfluss eines Temperaturunterschieds auf ein Bauteil,

Figur 8

eine Dampfturbine und

Figur 10, 11, 12, 13, 14,

5 15, 16, 17,

weitere Verwendungsbeispiele einer Wärmedämmsschicht,

Figur 18

den Einfluss einer Wärmedämmsschicht auf die Lebensdauer eines wieder aufgearbeiteten Bauteils.

10

Figur 1 zeigt ein erstes Ausführungsbeispiel eines Bauteils 1 für die erfindungsgemäße Verwendung.

Das Bauteil 1 ist ein Bauteil oder Gehäuse, insbesondere ein
15 Gehäuse 335 eines Einströmbereichs 333 einer Turbine (Gas, Dampf), insbesondere einer Dampfturbine 300, 303 (Fig. 8) und besteht aus einem Substrat 4 (z.B. Tragstruktur) und einer darauf aufgebrachten Wärmedämmsschicht 7.

20 Die Wärmedämmsschicht 7 ist insbesondere eine keramische Schicht, die beispielsweise aus Zirkonoxid (teilstabilisiert, vollstabilisiert durch Yttriumoxid und/oder Magnesiumoxid) und/oder aus Titanoxid besteht, und ist beispielsweise dicker als 0.1 mm.

25 So können Wärmedämmsschichten 7, die zu 100% entweder aus Zirkonoxid oder Titanoxid bestehen, verwendet werden. Die keramische Schicht kann mittels bekannter Beschichtungsverfahren wie atmosphärisches Plasmaspritzen (APS), Vakuumpolaspritzten (VPS), Niedrigdruckplasmaspritzen (LPPS),
30 sowie durch chemische oder physikalische Beschichtungsmethoden (CVD, PVD) aufgebracht werden.

Figur 2 zeigt eine weitere Ausgestaltung des Bauteils 1 für
35 die erfindungsgemäße Verwendung.

Zwischen dem Substrat 4 und der Wärmedämmsschicht 7 ist zumindest eine Zwischenschutzschicht 10 angeordnet.

Die Zwischenschutzschicht 10 dient zum Schutz vor Korrosion und/oder Oxidation des Substrats 4 und/oder zur besseren Anbindung der Wärmedämmsschicht an das Substrat 4. Dies ist insbesondere der Fall, wenn die Wärmedämmsschicht aus Keramik und 5 das Substrat 4 aus einem Metall besteht.

- Die Zwischenschutzschicht 10 zum Schutz eines Substrats 4 gegen Korrosion und Oxidation bei einer hohen Temperatur weist beispielsweise im wesentlichen folgende Elemente auf
- 10 (Angabe der Anteile in Gewichtsprozent):
- 11,5 bis 20,0 wt% Chrom,
0,3 bis 1,5 wt% Silizium,
0,0 bis 1,0 wt% Aluminium,
0,0 bis 0,7 wt% Yttrium und/oder zumindest ein äquivalentes
15 Metall aus der Gruppe umfassend Scandium und die Elemente der Seltenen Erden, Rest Eisen, Kobalt und/oder Nickel sowie herstellungsbedingte Verunreinigungen;
insbesondere besteht die metallische Zwischenschutzschicht 10 aus
aus
- 20 12,5 bis 14,0 wt% Chrom,
0,5 bis 1,0 wt% Silizium,
0,1 bis 0,5 wt% Aluminium,
0,0 bis 0,7 wt% Yttrium und/oder zumindest ein äquivalentes
Metall aus der Gruppe umfassend Scandium und die Elemente der
25 Seltenen Erden, Rest Eisen und/oder Kobalt und/oder Nickel sowie herstellungsbedingte Verunreinigungen.
Bevorzugt ist es, wenn der Rest nur Eisen ist.

Die Zusammensetzung der Zwischenschutzschicht 7 auf Eisenbasis 30 zeigt besonders gute Eigenschaften, so dass die Schutzschicht 7 hervorragend zur Aufbringung auf ferritischen Substraten 4 geeignet ist.
Dabei können die thermischen Ausdehnungskoeffizienten von Substrat 4 und Zwischenschutzschicht 10 sehr gut aneinander 35 angeglichen werden oder sogar gleich sein, so dass es zu keinem thermisch verursachten Spannungsaufbau zwischen Substrat 4 und Zwischenschutzschicht 10 kommt (thermal mis-

match); der ein Abplatzen der Zwischenschutzschicht 10 verursachen könnte.

Dies ist besonders wichtig, da bei ferritischen Werkstoffen oft keine Wärmebehandlung zur Diffusionsanbindung durchgeführt wird, sondern die Schutzschicht 7 größtenteils oder nur durch Adhäsion auf dem Substrat 4 haftet.

10 Insbesondere ist das Substrat 4 dann eine ferritische Basislegierung, ein Stahl oder eine Nickel- oder kobaltbasierte Superlegierung, insbesondere ein 1%CrMoV-Stahl oder ein 10 bis 12prozentiger Chromstahl.

15 Weitere vorteilhafte ferritische Substrate 4 des Bauteils 1 bestehen aus einem

1% bis 2%Cr Stahl für Wellen (309, Fig. 4):
wie z.B. 30CrMoNiV5-11 oder 23CrMoNiWV8-8,

20 1% bis 2%Cr Stahl für Gehäuse (beispielsweise 335, Fig. 4):
G17CrMoV5-10 oder G17CrMo9-10,

25 10% Cr-Stahl für Wellen (309, Fig. 4):
X12CrMoWVNbN10-1-1,

30 Figur 3 zeigt ein weiteres Ausführungsbeispiel des Bauteils 1 für die erfindungsgemäße Verwendung.

Auf der Wärmdämmsschicht 7 bildet nun eine Erosionsschutzschicht 13 die äußere Oberfläche.
Sie besteht insbesondere aus einem Metall oder einer Metalllegierung und schützt das Bauteil 1 vor Erosion und/oder Verschleiß, wie es insbesondere bei Dampfturbinen 300, 303 (Fig. 8), die eine Verzunderung im Heißdampfbereich aufweisen, der Fall ist, wo mittlere Strömungsgeschwindigkeiten von etwa

50m/s (d.h. 20 - 100m/s), und Drücke von bis zu 400 bar auftreten.

Für eine möglichst gute Wirkungsweise der Wärmedämmsschicht 7
5 weist die Wärmedämmsschicht 7 eine gewisse offene und/oder ge-
schlossene Porosität auf.

Vorzugsweise weist die Verschleiß/Erosionsschutzschicht 13
eine höhere Dichte auf und besteht aus Legierungen auf der
10 Basis von Eisen, Chrom, Nickel und/oder Kobalt oder MCrAlX
oder beispielsweise NiCr 80/20 oder mit Beimengungen von Bor
(B) und Silizium (Si) NiCrSiB oder NiAl (beispielsweise Ni:
95%, Al 5%).

15 Insbesondere kann eine metallische Erosionsschutzschicht 13
bei Dampfturbinen 300, 303 eingesetzt werden, da die Einsatz-
temperaturen in Dampfturbinen 300, 303 beim
Dampfeinströmbereich 33 maximal bei 800°C oder 850°C liegen.
Für solche Temperaturbereiche gibt es genügend metallische
20 Schichten, die einen hinreichend großen notwendigen
Erosionsschutz über die Einsatzdauer des Bauteils 1
aufweisen.

Metallische Erosionsschutzschichten 13 in Gasturbinen auf
25 einer keramischen Wärmedämmsschicht 7 sind dort nicht überall
möglich, da metallische Erosionsschutzschichten 13 als äußere
Schicht die maximalen Einzeltemperaturen von bis zu 1350°C
nicht aushalten können.

30 Keramische Erosionsschutzschichten 13 sind ebenso denkbar.

Weitere Materialien für die Erosionsschutzschicht 13 sind
beispielsweise Chromkarbid (Cr_3C_2), eine Mischung aus Wol-
framkarbid, Chromkarbid und Nickel (WC-CrC-Ni) beispielsweise
35 mit den Gewichtsanteilen 73 wt% für Wolframkarbid, 20 wt% für
Chromkarbid und 7 wt% für Nickel, ferner Chromkarbid mit der
Beimischung von Nickel (Cr_3C_2 -Ni) beispielsweise mit einem

Anteil von 83 wt% Chromkarbid und 17 wt% Nickel sowie eine Mischung aus Chromkarbid und Nickelchrom ($\text{Cr}_3\text{C}_2\text{-NiCr}$) beispielsweise mit einem Anteil von 75 wt% Chromkarbid und 25 wt% Nickelchrom sowie Yttrium-stabilisiertes Zirkonoxid beispielsweise mit einem Gewichtsanteil von 80 wt% Zirkonoxid und 20 wt% Yttriumoxid.

Ebenso kann im Vergleich zu dem Ausführungsbeispiel gemäß 10 Figur 3 noch eine Zwischenschutzschicht 10 vorhanden sein (Fig. 4).

Figur 5 zeigt eine Wärmedämmsschicht 7 mit einem Gradienten 15 der Porosität.

In der Wärmedämmsschicht 7 sind Poren 16 vorhanden. In Richtung einer äußeren Oberfläche nimmt die Dichte ρ der Wärmedämmsschicht 7 zu (Richtung Pfeil).

20 Somit besteht zum Substrat 4 oder einer ggf. vorhandenen Zwischenschutzschicht 10 hin vorzugsweise eine größere Porosität als im Bereich einer äußeren Oberfläche oder der Kontaktfläche zu der Erosionsschutzschicht 13.

25 In Figur 6 verläuft der Gradient in der Dichte ρ der Wärmedämmsschicht 7 entgegengesetzt wie in der Figur 5 gezeigt (Richtung Pfeil).

30 Die Figuren 7a, b zeigen den Einfluss der Wärmedämmsschicht 7 auf das thermisch bedingte Verformungsverhalten des Bauteils 1.

35 Figur 7a zeigt ein Bauteil ohne Wärmedämmsschicht. An zwei gegenüberliegenden Seiten des Substrats 4 herrschen zwei verschiedene Temperaturen, eine höhere Temperatur T_{\max}

und eine niedrigere Temperatur T_{\min} , wodurch ein radialer Temperaturunterschied $dT(4)$ gegeben ist. Somit dehnt sich das Substrat 4, wie es gestrichelt angedeutet ist, im Bereich der höheren Temperatur T_{\max} aufgrund der 5 thermischen Ausdehnung deutlich stärker aus als im Bereich der kleineren Temperatur T_{\min} . Diese unterschiedliche Ausdehnung verursacht eine unerwünschte Verformung eines Gehäuses.

Hingegen ist bei der Figur 7b auf dem Substrat 4 eine Wärmedämmsschicht 7 vorhanden, wobei das Substrat 4 und die Wärmedämmsschicht 7 zusammen beispielsweise genauso dick sind wie das Substrat 4 in Figur 7a.

Die Wärmedämmsschicht 7 reduziert die maximale Temperatur an der Oberfläche des Substrats 4 überproportional auf eine Temperatur T'_{\max} , obwohl die äußere Temperatur T_{\max} genauso hoch ist wie in Figur 7a. Dies ergibt sich nicht nur aus dem Abstand der Oberfläche des Substrats 4 zur äußeren Oberfläche der Wärmedämmsschicht 7 mit der höheren Temperatur, sondern insbesondere durch die geringere thermische Leitfähigkeit der 15 Wärmedämmsschicht 7. Innerhalb der Wärmedämmsschicht 7 ist ein sehr viel größerer Temperaturgradient vorhanden als im metallischen Substrat 4.

Dadurch wird der Temperaturunterschied $dT(4,7)$ ($= T'_{\max} - T_{\min}$) 20 kleiner als der Temperaturunterschied gemäß Figur 7a ($dT(4) = dT(7) + dT(4,7)$).

Dadurch findet eine wesentlich geringere oder sogar im Vergleich zur Oberfläche mit der Temperatur T_{\min} eine kaum unterschiedliche thermische Ausdehnung des Substrats 4 statt, wie es gestrichelt angedeutet ist, so dass lokal unterschiedliche 25 Ausdehnungen zumindest vergleichmäßig werden.

Häufig weisen die Wärmedämmsschichten 7 auch einen geringeren Wärmeausdehnungskoeffizienten als das Substrat 4 auf.

Das Substrat 4 in Figur 7b kann auch genauso dick sein wie das in Figur 7a.

In Figur 8 ist beispielhaft eine Dampfturbine 300, 303 mit einer sich entlang einer Rotationsachse 306 erstreckenden Turbinenwelle 309 dargestellt.

- 5 Die Dampfturbine weist eine Hochdruck-Teilturbine 300 und eine Mitteldruck-Teilturbine 303 mit jeweils einem Innengehäuse 312 und ein dieses umschließendes Außengehäuse 315 auf. Die Mitteldruck-Teilturbine 303 ist zweiflutig ausgeführt. Es ist ebenfalls möglich, dass die Mitteldruck-Teilturbine 303 10 einflutig ausgeführt ist.

Entlang der Rotationsachse 306 ist zwischen der Hochdruck-Teilturbine 300 und der Mitteldruck-Teilturbine 303 ein Lager 318 angeordnet, wobei die Turbinenwelle 309 in dem Lager 318 15 einen Lagerbereich 321 aufweist. Die Turbinenwelle 309 ist auf einem weiteren Lager 324 neben der Hochdruck-Teilturbine 300 aufgelagert. Im Bereich dieses Lagers 324 weist die Hochdruck-Teilturbine 300 eine Wellendichtung 345 auf. Die Turbinenwelle 309 ist gegenüber dem Außengehäuse 315 der Mitteldruck-Teilturbine 303 durch zwei weitere Wellendichtungen 345 20 abgedichtet.

Zwischen einem Hochdruck-Dampfeinströmbereich 348 und einem Dampfaustrittsbereich 351 weist die Turbinenwelle 309 in der 25 Hochdruck-Teilturbine 300 die Hochdruck-Laufbeschaukelung 354, 357 auf. Diese Hochdruck-Laufbeschaukelung 354, 357 stellt mit den zugehörigen, nicht näher dargestellten Laufschaufeln einen ersten Beschaukelungsbereich 360 dar.

- 30 Die Mitteldruck-Teilturbine 303 weist einen zentralen Dampfeinströmbereich 333 mit dem Innengehäuse 335 und dem Außengehäuse 334 auf. Dem Dampfeinströmbereich 333 zugeordnet weist die Turbinenwelle 309 eine radialsymmetrische Wellenabschirmung 363, eine Abdeckplatte, einerseits zur Teilung des 35 Dampfstromes in die beiden Fluten der Mitteldruck-Teilturbine 303 sowie zur Verhinderung eines direkten Kontaktes des heißen Dampfes mit der Turbinenwelle 309 auf. Die Turbinenwelle

309 weist in der Mitteldruck-Teilturbine 303 einen zweiten Bereich in Gehäusen 366, 367 der Beschaufelungsbereiche mit den Mitteldruck-Laufschaufeln 354, 342 auf. Der durch den zweiten Beschaufelungsbereich strömende heiße Dampf strömt 5 aus der Mitteldruck-Teilturbine 303 aus einem Abströmstutzen 369 zu einer strömungstechnisch nachgeschalteten, nicht dargestellten Niederdruck-Teilturbine.

Die Turbinenwelle 309 ist aus zwei Teilturbinenwellen 309a 10 und 309b zusammengesetzt, die im Bereich des Lagers 318 fest miteinander verbunden sind.

Insbesondere weist der Dampfeinströmbereich 333 jeglichen Dampfturbinentyps eine Wärmedämmsschicht 7 und/oder eine Ero- 15 sionsschutzschicht 13 auf.

Durch das kontrollierte Verformungsverhalten durch Aufbringen einer Wärmedämmsschicht kann insbesondere der Wirkungsgrad einer Dampfturbine 300, 303 erhöht werden.

20 Dies erfolgt beispielsweise durch die Minimierung des Radialspalts (radial, d.h. senkrecht zur Achse 306) zwischen Rotor- und Statorteilen (Gehäuse) (Fig. 16, 17). Ebenso kann ein axialer Spalt 378 (parallel zur Achse 306) durch das kontrollierte Verformungsverhalten von Beschaufelung 25 des Rotors und Gehäuse minimiert werden.

Die folgenden Beschreibungen der Verwendung der Wärmedämmsschicht 7 beziehen sich nur exemplarisch auf Bauteile 1 einer Dampfturbine 300, 303.

30

- Figur 9 zeigt die Auswirkung von lokal unterschiedlichen Temperaturen auf das axiale Ausdehnungsverhalten eines Bauteils.
- 35 Figur 9a zeigt ein Bauteil 1, das sich durch eine Temperaturerhöhung (dT) ausdehnt (dl).

Die thermische Längenausdehnung dl ist gestrichelt angedeutet.

Eine Halterung, Lagerung oder eine Fixierung des Bauteils 1 lässt diese Ausdehnung zu.

5

Figur 9b zeigt ebenfalls ein Bauteil 1, das sich aufgrund einer Temperaturerhöhung ausdehnt.

Jedoch sind die Temperaturen in verschiedenen Bereichen des Bauteils 1 unterschiedlich. So ist beispielsweise in einem 10 mittleren Bereich, beispielsweise dem Einströmbereich 333 mit dem Gehäuse 335 die Temperatur T_{333} größer als die Temperatur T_{366} des sich anschließenden Beschauflungsbereichs (Gehäuse 366) und größer als in einem weiteren, sich anschließenden Gehäuse 367 (T_{367}).

15 Angedeutet ist durch die gestrichelten Linien mit dem Bezugssymbol 333_{gleich} die thermische Ausdehnung des Einströmbereichs 333, wenn alle Bereiche oder Gehäuse 333, 366, 367 eine gleichmäßige Temperaturerhöhung erfahren würden.

Da jedoch die Temperatur im Einströmbereich 333 größer als in 20 den umliegenden Gehäusen 366 und 367 ist, dehnt sich der Einströmbereich 333 stärker aus als durch die gestrichelten Linien $333'$ angedeutet ist.

Da der Einströmbereich 333 zwischen dem Gehäusen 366 und einem weiteren Gehäuse 367 angeordnet ist, kann sich der 25 Einströmbereich 333 nicht frei ausdehnen, so dass es zu einem ungleichmäßigen Verformungsverhalten kommt.

Durch die Aufbringung der Wärmedämmsschicht 7 soll das Verformungsverhalten kontrolliert und/oder vergleichmäßigt werden.

30

Figur 10 zeigt eine vergrößerte Darstellung eines Bereichs 333 der Dampfturbine 300, 303.

Die Dampfturbine 300, 303 besteht in der Umgebung des Einströmbereichs 333 aus einem äußeren Gehäuse 334, an dem Temperaturen beispielsweise zwischen 250°C bis 350°C anliegen 35 und einem Innengehäuse 335, an dem Temperaturen beispielsweise von 450° bis 620°C , aber auch bis 800°C

- herrschen, so dass beispielsweise Temperaturunterschiede größer 200°C vorliegen.
- Auf das Innengehäuse 335 des Dampfeinströmberichs 333 auf der Innenseite 336 wird die Wärmedämmsschicht 7 aufgebracht.
- 5 Auf die Außenseite 337 wird beispielsweise keine Wärmedämmsschicht 7 aufgebracht.
- Durch die Aufbringung einer Wärmedämmsschicht 7 wird der Wärmeeintrag in das Innengehäuse 335 verringert, so dass das thermische Ausdehnungsverhalten des Gehäuses 335 des
- 10 Einströmberichs 333 und das gesamte Verformungsverhalten der Gehäuse 335, 366, 367 beeinflusst wird. Dadurch kann das gesamte Verformungsverhalten des Innengehäuses 334 oder des Außengehäuses 335 kontrolliert eingestellt und vergleichmäßig werden.
- 15 Die Einstellung des Verformungsverhaltens von einem Gehäuse oder von Gehäusen untereinander (Fig. 9b) kann erfolgen durch eine Variation der Dicke der Wärmedämmsschicht 7 (Fig. 12) und/oder die Aufbringung von verschiedenen Materialien an verschiedenen Stellen der Oberfläche des Gehäuses, siehe
- 20 beispielsweise Innengehäuse 335 in Figur 13.
- Ebenso kann die Porosität an verschiedenen Stellen des Innengehäuses 335 verschieden sein (Fig. 14).
- Die Wärmedämmsschicht 7 kann lokal begrenzt, beispielsweise nur im Innengehäuse 335 im Bereich des Einströmberichs 333
- 25 aufgebracht sein.
- Ebenso kann die Wärmedämmsschicht 7 nur im Beschaufelungsbe- reich 366 lokal aufgebracht sein (Fig. 11).
- Unter verschiedenen Gehäusen werden in der Anmeldung Gehäuse
- 30 verstanden, die in axialer Richtung aneinander (335 an 336) angrenzen und nicht Gehäuseteile, die aus zwei Teilen (Oberhälfte und Unterhälfte) bestehen, wie z.B. dem zweiteiligen Gehäuse der DE-PS 723 476, das in radialer Richtung zweigeteilt ist.

Figur 12 zeigt ein weiteres Ausführungsbeispiel einer Verwendung einer Wärmedämmsschicht 7.

Hier ist die Dicke der Wärmedämmsschicht 7 im Einströmbereich 333 dicker, beispielsweise mindestens 50% dicker ausgeführt
5 als im Gehäuse 366 des Beschaufelungsbereichs der Dampfturbine 300, 303.

Durch die Dicke der Wärmedämmsschicht 7 wird der Wärmeeintrag und damit die thermische Ausdehnung und somit das Verformungsverhalten des Innengehäuses 334, bestehend aus dem Einströmbereich 333 und dem Gehäuse 366 des Beschaufelungsbereichs, kontrolliert eingestellt und (über die axiale Länge) vergleichmäßig werden.
10

15 Ebenso kann im Bereich des Einströmbereichs 333 ein anderes Material vorhanden sein als im Gehäuse 366 des Beschaufelungsbereichs.

20 Figur 13 zeigt verschiedene Materialien der Wärmedämmsschicht 7 in verschiedenen Gehäuse 335, 366 des Bauteils 1. In den Bereichen bzw. den Gehäusen 335, 366 ist eine Wärmedämmsschicht 7 aufgebracht. Jedoch besteht die Wärmedämmsschicht 8 im Bereich des Einströmbereichs 333 aus 25 einem ersten Wärmedämmsschichtmaterial, hingegen besteht das Material der Wärmedämmsschicht 9 im Gehäuse 366 des Beschaufelungsbereichs aus einem zweiten Wärmedämmsschichtmaterial.

Durch das unterschiedliche Material für die Wärmedämmsschichten 8, 9 wird eine unterschiedliche Wärmedämmung erreicht, 30 wodurch das Verformungsverhalten des Bereichs 333 und der Bereich des Gehäuses 366 eingestellt wird, insbesondere vergleichmäßig wird.

Eine höhere Wärmedämmung wird dort (333) eingestellt, wo 35 höheren Temperaturen herrschen.

Die Dicke und/oder die Porosität der Wärmedämmsschichten 8, 9 kann gleich sein.

Ebenso kann natürlich auf den Wärmedämmsschichten 8, 9 eine Erosionsschutzschicht 13 angeordnet sein.

5 Figur 14 zeigt ein Bauteil 1, 300, 303, bei dem in verschiedenen Gehäusen 335, 366 unterschiedliche Porositäten von 20 bis 30% vorhanden sind.

10 So weist beispielsweise der Einströmbereich 333 mit der Wärmedämmsschicht 8 eine höhere Porosität auf als die Wärmedämmsschicht 9 des Gehäuses des Beschaufelungsbereichs, wodurch im Einströmbereich 333 eine höhere Wärmedämmung erzielt wird als durch die Wärmedämmsschicht 9 im Gehäuse 366 des Beschaufelungsbereichs.

15 Die Dicke und das Material der Wärmedämmsschichten 8, 9 kann ebenfalls unterschiedlich sein.

20 Somit wird bspw. durch die Porosität die Wärmedämmung einer Wärmedämmsschicht 7 unterschiedlich eingestellt, wodurch das Verformungsverhalten von verschiedenen Bereichen/Gehäusen 333, 366 eines Bauteils 1 eingestellt werden kann.

25

Ebenso kann die oben beschriebene Wärmedämmsschicht 7 in den von einem Dampferzeuger (bspw. Kessel) nachgeschalteten Rohrleitungen (z.B. Kanal 46, Fig. 15; Einströmbereich 351 25 Fig. 8) zum Transport des überhitzten Dampfes oder anderer Heißdampf führender Leitungen und Armaturen, wie z.B. Bypassleitungen, Bypassventile oder Prozessdampfleitungen eines Kraftwerkes jeweils an deren Innenseiten aufgebracht werden.

30

35 Eine weitere vorteilhafte Anwendung ist die Beschichtung mit der Wärmedämmsschicht 7 von dampfführenden Komponenten in Dampferzeugern (Kesseln) an der Seite, die dem jeweils heißeren Medium (Rauchgas oder überhitzter Dampf) ausgesetzt ist. Beispiele für derartige Komponenten sind Sammler oder Abschnitte eines Durchlaufkessels, die nicht der Aufheizung

von Dampf dienen sollen bzw. die aus anderen Gründen vor dem Angriff heißer Medien geschützt werden sollen.

Weiterhin lässt sich durch die Wärmedämmsschicht 7 auf der 5 Außenseite eines Kessels, insbesondere eines Durchlaufkessels, insbesondere eines Benson-Boilers, eine Isolierwirkung erzielen, die eine Reduzierung des Brennstoffverbrauchs zur Folge hat.

10

Ebenso kann auf den Wärmedämmsschichten 8, 9 eine Erosionsschutzschicht 13 vorhanden sein.

Durch die Maßnahmen gemäß Figuren 11, 12 und 13 werden die 15 axialen Spiele zwischen Rotor und Stator (Gehäuse) eingestellt, da die thermisch bedingte Ausdehnung trotz unterschiedlicher Temperaturen oder thermischer Ausdehnungskoeffizienten angepasst wird ($dl_{333} \approx dl_{366}$). Die Temperaturunterschiede bestehen auch im stationären Zustand der Turbine.

20

Figur 15 zeigt ein weiteres Anwendungsbeispiel für die Verwendung einer Wärmedämmsschicht 7, nämlich ein Ventilgehäuse 34 eines Ventils 31, in das durch einen Einströmkanal 46 ein 25 heißer Dampf einströmt.

Der Einströmkanal 46 bewirkt eine mechanische Schwächung des Ventilgehäuses 34.

Das Ventil 31 besteht beispielsweise aus einem topfförmigen 30 Gehäuse 34 und einem Deckel oder Gehäuse 37.

Innerhalb des Gehäuseteils 34 ist ein Ventilkolben, bestehend aus einem Ventilkegel 40 und einer Spindel 43 vorhanden.

Infolge Bauteil-Kriechens kommt es zu einem ungleichförmigen axialen Verformungsverhalten des Gehäuses 40 und des Deckels 37.

Das Ventilgehäuse 34 würde sich, wie gestrichelt angedeutet, im Bereich des Kanals 46 axial stärker ausdehnen, so dass es zu einer Verkippung des Deckels 37 mit der Spindel 43

kommt. Dadurch sitzt der Ventilkegel 34 nicht mehr richtig auf, so dass die Dichtheit des Ventils 31 reduziert wird. Durch die Aufbringung einer Wärmedämmsschicht 7 auf eine Innenseite 49 des Gehäuses 34 wird eine Vergleichsmäßigung des 5 Verformungsverhaltens erreicht, so dass sich beide Enden 52, 55 des Gehäuses 34 und des Deckels 37 gleichmäßig ausdehnen.

Insgesamt dient das Aufbringen der Wärmedämmsschicht dazu, das 10 Verformungsverhalten zu kontrollieren und damit die 7 Dichtheit des Ventils 31 zu gewährleisten.

Figur 16 zeigt einen Stator 58, beispielsweise ein Gehäuse 335, 366, 367 einer Turbine 300, 303 und ein rotierendes Bau- 15 teil 61 (Rotor), insbesondere eine Turbinenschaufel 120, 130, 342, 354.

Das Temperatur-Zeit-Diagramm $T(t)$ für den Stator 58 und den Rotor 61 zeigt beispielsweise beim Abfahren der Turbine 300, 20 303, dass die Temperatur T des Stators 58 schneller absinkt als die Temperatur des Rotors 61. Dadurch schrumpft das Gehäuse 58 stärker als der Rotor 61, so dass das Gehäuse 58 sich dem Rotor nähert. Daher muss ein entsprechender Abstand 25 d zwischen Stator 58 und Rotor 61 im kalten Zustand vorhanden sein, um in dieser Betriebsphase ein Anstreifen des Rotors 61 an das Gehäuse 58 zu verhindern.

Bei einem großen Rotor beträgt das radiale Spiel bei den dort 30 verwendeten Einsatztemperaturen von 600K 3,0 bis 4,5 mm.

Bei kleineren Dampfturbinen, die Einsatztemperaturen von 500K aufweisen, beträgt der radiale Spalt 2,0 bis 2,5 mm. In beiden Fällen kann durch eine Temperaturunterschiedsabsenkung von 50K eine Reduzierung dieses Spalts von 0,3 bis 0,5 35 bzw. bis 0,8 mm erreicht werden.

Dadurch kann weniger Dampf zwischen Gehäuse 58 und Turbinenschaufel 61 vorbeiströmen, so dass sich der Wirkungsgrad wieder erhöht.

5

In Figur 17 ist auf den Stator (nicht rotierendes Bauteil) 58 eine Wärmedämmsschicht 7 aufgebracht.

Die Wärmedämmsschicht 7 bewirkt eine größere thermische Trägheit des Stators 58 oder des Gehäuses 335, das sich stärker

10 oder schneller erwärmt.

In dem Temperatur-Zeit-Diagramm ist wiederum der zeitliche Verlauf der Temperaturen T des Stators 58 und des Rotors 61 gezeigt. Durch die Wärmedämmsschicht 7 auf dem Stator 58 steigt die Temperatur des Stators 58 nicht so schnell an und

15 der Unterschied zwischen den beiden Kurven ist geringer.

Dies ermöglicht einen geringeren radialen Spalt d7 auch bei Raumtemperaturen zwischen Rotor 61 und Stator 58, so dass der Wirkungsgrad der Turbine 300, 303 infolge eines geringeren Spaltes im Betrieb entsprechend erhöht wird.

20

Die Wärmedämmsschicht 7 kann auch auf dem Rotor 61, also beispielsweise den Turbinenschaufeln 342, 354, 357 aufgebracht sein, um denselben Effekt zu erzielen.

25

Das Abstands-Zeit-Diagramm zeigt, dass ein kleinerer Abstand d7 ($d7 < d_i < d_s$) bei Raumtemperatur RT vorhanden ist, der nicht zum Anstreifen von Stator 58 und Rotor 61 führt.

30

Die Temperaturunterschiede und damit einhergehende Spaltänderungen sind bedingt durch instationäre Zustände (Starten, Lastwechsel, Abfahren) der Dampfturbine 300, 303, wohingegen im stationären Betrieb keine Probleme mit Änderungen radialer Abstände bestehen.

35

Figur 18 zeigt den Einfluss der Aufbringung einer Wärmedämm-
schicht auf ein wiederaufgearbeitetes Bauteil.

- Wiederaufarbeitung (Refurbishment) bedeutet, dass Bauteile,
5 die im Einsatz waren ggf. repariert werden, d.h., dass sie
von Korrosions- und Oxidationsprodukten befreit werden, sowie
Risse ggf. detektiert und beispielsweise durch Auffüllen mit
Lot repariert werden.
- Jedes Bauteil 1 hat eine bestimmte Lebensdauer, bis es zu
10 100% geschädigt ist.
- Wenn das Bauteil 1, beispielsweise eine Turbinenschaufel oder
ein Innengehäuse 334, zu einem Zeitpunkt t_s inspiziert und
ggf. wieder aufgearbeitet wird, ist ein bestimmter Prozent-
satz der Schädigung erreicht. Der zeitliche Verlauf der Schä-
15 digung des Bauteils 1 ist mit dem Bezugzeichen 22 gekenn-
zeichnet. Nach dem Servicezeitpunkt t_s würde die Schädigungs-
kurve ohne eine Wiederaufarbeitung anhand der gestrichelten
20 Linie 25 weiter verlaufen. Die restliche Betriebsdauer wäre
dadurch relativ kurz.
- 25 Durch die Aufbringung einer Wärmedämmsschicht 7 auf das vorge-
schädigte oder mikrostrukturell veränderte Bauteil 1 wird die
Einsatzdauer des Bauteils 1 erheblich verlängert. Durch die
Wärmedämmsschicht 7 werden der Wärmeeintrag und die Schädigung
von Bauteilen verringert, so dass der Lebensdauerverlauf an-
hand der Kurve 28 weiter verläuft. Dieser Verlauf der Kurve
ist gegenüber dem Kurvenverlauf 25 deutlich abgeflacht, so
dass ein solches beschichtetes Bauteil 1 mindestens noch mal
so lang eingesetzt werden kann.
- 30 Nicht in jedem Fall muss die Lebensdauer des Bauteils, das
inspiziert worden ist, verlängert werden, sondern es kann
auch allein beabsichtigt sein, durch das erstmalige oder wie-
derholte Aufbringen der Wärmedämmsschicht 7 das Verformungs-
verhalten von Gehäuseteilen zu kontrollieren und zu ver-
35 gleichmäßigen wodurch der Wirkungsgrad wie oben beschrieben
durch die Einstellung der Radialspalte zwischen Rotor und Ge-

häuse sowie des Axialspaltes zwischen Rotor und Gehäuse erhöht wird.

Daher kann die Wärmedämmsschicht 7 vorteilhafterweise auch auf nicht zu reparierende Bauteile 1 oder Gehäuseteile aufge-
5 bracht werden.

Patentansprüche

1. Verwendung einer Wärmedämmenschicht (7) für eine Dampfturbine (300, 303),
5 die aus einem oder mehreren Gehäusen (34, 37, 334, 335, 366, 367) besteht,
zur zumindest teilweisen oder ganzen Anpassung eines unterschiedlichen thermischen Verformungsverhaltens des oder der Gehäuse (34, 37, 334, 335, 366, 367) untereinander,
10 insbesondere zwischen Raumtemperatur und Betriebstemperatur, und
wobei das Gehäuse (34, 37, 334, 335, 366, 367) einer Temperaturdifferenz,
15 insbesondere von mindestens 200°C,
gegeben durch eine höhere Temperatur auf der einen Seite (336) des Gehäuses (34, 37, 334, 335, 366, 367) und einer niedrigeren Temperatur auf der anderen Seite (337) des Gehäuses (34, 37, 334, 335, 366, 367),
20 ausgesetzt ist,
wobei die Wärmedämmenschicht (7) auf der Seite (336) des Gehäuses (34, 37, 334, 335, 366, 367) mit der höheren Temperatur aufgebracht ist.

25

30

35

2. Verwendung einer Wärmedämmsschicht (7) für eine Dampfturbine (300, 303),
die ein oder mehrere Gehäuse (366, 367) eines
Beschaufelungsbereichs aufweist,
5 zur Verringerung radialer Spiele in der Dampfturbine (300,
303),
wobei die Wärmedämmsschicht (7) auf dem Gehäuse (366, 367)
des Beschaufelungsbereichs vorhanden ist und/oder
wobei die Wärmedämmsschicht (7) auf einer Turbinenschaufel
10 (342, 354, 357) vorhanden ist.
3. Verwendung einer Wärmedämmsschicht nach Anspruch 1 oder 2,
dadurch gekennzeichnet,
15 dass die Wärmedämmsschicht (7) für ein Gehäuse (34, 334,
335) verwendet wird,
das an ein anderes Gehäuse (37, 366, 367) angrenzt, und
dass das Verformungsverhalten des Gehäuses (34, 334, 335)
20 gegenüber dem angrenzenden Gehäuse (37, 366, 367) an-
gepasst,
insbesondere vergleichmäßig wird.
- 25 4. Verwendung einer Wärmedämmsschicht nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Wärmedämmsschicht (7) für ein Gehäuse (335) eines
Dampfeinströmbereichs (333) einer Dampfturbine (300, 303)
verwendet wird,
30 das an zumindest ein Gehäuse (366, 367) eines
Beschaufelungsbereichs angrenzt, und
dass das Verformungsverhalten des Gehäuses (335) des
Dampfeinströmbereichs (333) dem Verformungsverhalten des
angrenzenden Gehäuses (366, 367) des Beschaufelungsbereichs
35 angepasst wird.

5. Verwendung einer Wärmedämmsschicht nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet, dass

5 die Wärmedämmsschicht (7) für zumindest ein Gehäuse (34,
37) eines Ventils (31) verwendet wird.

6. Verwendung einer Wärmedämmsschicht nach Anspruch 1 bis 5,
dadurch gekennzeichnet,

10 dass die Wärmedämmsschicht (7) für ein Gehäuse (34, 37,
335, 366, 367) verwendet wird,
das aus einem Substrat (4) und einer Wärmedämmsschicht (7)
besteht, und
15 dass das Substrat (4) aus einer eisen-, nickel- oder
kobaltbasierten Legierung besteht.

7. Verwendung einer Wärmedämmsschicht nach Anspruch 1 bis 6,
20 die (7) zumindest teilweise,
insbesondere ganz aus Zirkonoxid (ZrO_2) besteht.

8. Verwendung einer Wärmedämmsschicht nach Anspruch 1 bis 7,
25 die (7) zumindest teilweise,
insbesondere ganz aus Titanoxid (TiO_2) besteht.

30

35

9. Verwendung einer Wärmedämmsschicht nach Anspruch 1, 2, 7
oder 8,
dadurch gekennzeichnet, dass

5 die Wärmedämmsschicht (7) für ein Gehäuse (34, 37, 335,
366, 367) verwendet wird,
wobei unterhalb der Wärmedämmsschicht (7) des Gehäuses (34,
37, 335, 366, 367) eine Zwischenschutzschicht (10),
insbesondere eine MCrAlX-Schicht, vorhanden ist,
10 wobei M für zumindest ein Element der Gruppe Nickel,
Kobalt und/oder insbesondere Eisen steht
sowie X Yttrium und/oder Silizium und/oder zumindest ein
Element der Seltenen Erden ist.

15 10. Verwendung einer Wärmedämmsschicht nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet, dass

20 die höhere Temperatur mindestens 450°C,
insbesondere bis zu 800°C beträgt.

11. Verwendung einer Wärmedämmsschicht nach Anspruch 9,
dadurch gekennzeichnet, dass
25 die für die Zwischenschutzschicht (10) ein Material beste-
hend aus
11,5 wt% - 20 wt%, insbesondere 12,5 wt% - 14 wt% Chrom,
0,3 wt% - 1,5 wt%, insbesondere 0,5 wt% - 1 wt% Silizium,
30 0,0 wt% - 1,0 wt%, insbesondere 0,1 wt% - 0,5 wt% Alumi-
nium
sowie Rest Eisen verwendet wird.

12. Verwendung einer Wärmedämmsschicht nach Anspruch 1, 2, 7,
8, 9 oder 11,
dadurch gekennzeichnet,

5 dass die Wärmedämmsschicht (7) für ein Gehäuse (34, 37,
335, 366, 367) verwendet wird, und
dass auf der Wärmedämmsschicht (7) eine Erosionsschutz-
schicht (13),
insbesondere eine metallische Erosionsschutzschicht (13)
10 vorhanden ist.

13. Verwendung einer Wärmedämmsschicht nach Anspruch 12,
dadurch gekennzeichnet, dass

15 als Erosionsschutzschicht (13) eine eisen-, nickel-,
chrom- oder kobaltbasierte Legierung,
insbesondere NiCr 80/20, verwendet wird.

20 14. Verwendung einer Wärmedämmsschicht nach Anspruch 12,
dadurch gekennzeichnet, dass

25 eine Erosionsschutzschicht (13) verwendet wird,
die eine geringere Porosität als die Wärmedämmsschicht (7)
aufweist.

15. Verwendung einer Wärmedämmsschicht nach Anspruch 1, 2, 7,
30 8 oder 14,
dadurch gekennzeichnet, dass

 eine Wärmedämmsschicht (7) verwendet wird,
 die porös ist.

16.. Verwendung einer Wärmedämmeschicht nach Anspruch 1, 2, 7,
8, 14 oder 15,
dadurch gekennzeichnet, dass

5 eine Wärmedämmeschicht (7) verwendet wird,
die einen Gradienten in der Porosität aufweist.

17. Verwendung einer Wärmedämmeschicht nach Anspruch 16,
10 dadurch gekennzeichnet, dass

eine Wärmedämmeschicht (7) verwendet wird,
deren Porosität in einem äußeren Bereich der Wärmedämm-
schicht (7) am größten ist.

15

18. Verwendung einer Wärmedämmeschicht nach Anspruch 16,
dadurch gekennzeichnet, dass

20 eine Wärmedämmeschicht (7) verwendet wird,
deren Porosität im äußeren Bereich der Wärmedämmeschicht
(7) am kleinsten ist.

25 19. Verwendung einer Wärmedämmeschicht nach Anspruch 1 oder
2,
dadurch gekennzeichnet, dass

30 eine Wärmedämmeschicht (7) verwendet wird,
deren Dicke lokal (335, 366, 367) verschieden ist.

35

20. Verwendung einer Wärmedämmsschicht nach Anspruch 1 oder
19,
dadurch gekennzeichnet, dass

5 eine Wärmedämmsschicht (7) verwendet wird,
deren Material lokal (335, 366, 367) verschieden ist.

21. Verwendung einer Wärmedämmsschicht nach Anspruch 1, 19,
10 oder 20,
dadurch gekennzeichnet, dass

15 die Wärmedämmsschicht (7) nur lokal in bestimmten Bereichen
der Oberflächen von Gehäusen (34, 37, 334, 335, 366, 367)
eines Ventils (31) oder Turbine (300, 303) aufgebracht
wird.

22. Verwendung einer Wärmedämmsschicht nach Anspruch 1 oder
20 2,
dadurch gekennzeichnet, dass

25 die Wärmedämmsschicht (7) nur im Dampfeinströmbereich (333)
der Dampfturbine (300, 303) verwendet wird.

23. Verwendung einer Wärmedämmsschicht nach Anspruch 1, 19,
20 oder 21,
dadurch gekennzeichnet, dass

30 die Wärmedämmsschicht (7) im Einströmbereich (333) und im
Gehäuse (366) des Beschaufelungsbereichs der Dampfturbine
(300, 303) verwendet wird.

24. Verwendung einer Wärmedämmsschicht nach Anspruch 1 oder
21,
dadurch gekennzeichnet, dass
- 5 die Wärmedämmsschicht (7) nur lokal im Gehäuse (366) des
Beschaufelungsbereichs verwendet wird.
25. Verwendung einer Wärmedämmsschicht nach Anspruch 1 oder
10 19,
dadurch gekennzeichnet, dass
- 15 die Dicke der Wärmedämmsschicht (7) im Gehäuse (335) des
Einströmbereich (333) größer ist als im Gehäuse (366) des
Beschaufelungsbereichs.
26. Verwendung einer Wärmedämmsschicht nach Anspruch 1 oder
2,
20 dadurch gekennzeichnet, dass
- 25 die Wärmedämmsschicht (7) bei wieder aufzuarbeitenden
Gehäusen (34, 37, 335, 366, 367) verwendet wird.
27. Verwendung einer Wärmedämmsschicht nach Anspruch 1 oder
2,
dadurch gekennzeichnet, dass
- 30 die Wärmedämmsschicht (7) für ein Ventil (31) oder Gehäuse
(334, 335, 366, 367) verwendet wird,
ohne dass die maximale Arbeitstemperatur in der Dampftur-
bine (300, 303) erhöht wird.

28. Verwendung einer Wärmedämmsschicht nach zumindest einem der Ansprüche 15 bis 21, 23, 26 oder 27 oder 30, dadurch gekennzeichnet, dass

5 durch die Verwendung der Wärmedämmsschicht (7) das gesamte Verformungsverhalten von verschiedenen Gehäusen (34, 37, 334, 335, 366, 367) eingestellt wird, indem die Porosität oder die Dicke oder das Material der Wärmedämmsschicht (7) lokal variiert werden.

10

29. Dampfturbine (300, 303), die zumindest zwei Gehäuse (335, 366, 367) aufweist, von denen zumindest ein Gehäuse (335, 366, 367) eine 15 Wärmedämmsschicht (7) aufweist,

dadurch gekennzeichnet,

20 dass die Wärmedämmsschicht (7, 8, 9) in zumindest zwei Gehäusen (335, 366, 367) vorhanden ist, die insbesondere in axialer Richtung aneinander angrenzen, wobei in den Gehäusen (335, 366, 367) eine unterschiedliche Wärmedämmwirkung der Wärmedämmsschicht (7, 8, 9) vorhanden ist,

25 insbesondere dadurch dass die Wärmedämmsschicht (7, 8, 9) verschiedene Materialien und/oder verschiedene Dicken und/oder verschiedene Porositäten in den zumindest zwei Gehäusen (335, 366, 367) aufweist.

30

30. Dampfturbine nach Anspruch 29, dadurch gekennzeichnet, dass

35 die Wärmedämmsschicht (7) im Gehäuse (335) des Einströmbereich (333) angeordnet ist.

31. Dampfturbine nach Anspruch 29 oder 30,
dadurch gekennzeichnet, dass

5

die Wärmedämmsschicht (7) im Betrieb Temperaturen bis maxi-
mal 800°C,
insbesondere bis 650°C. ausgesetzt ist.

1/9

FIG 1

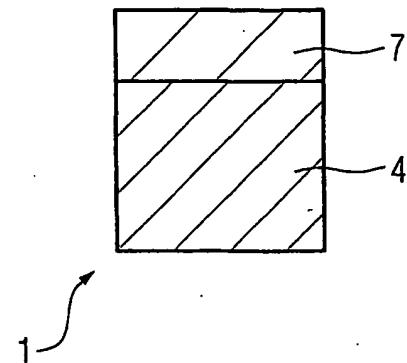


FIG 2

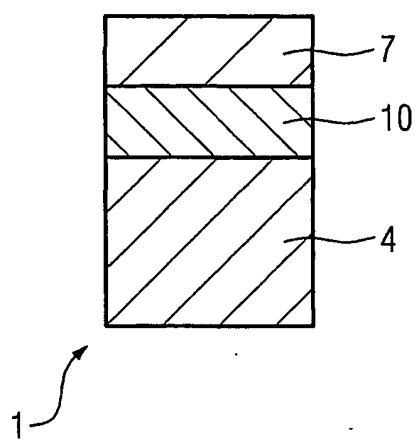
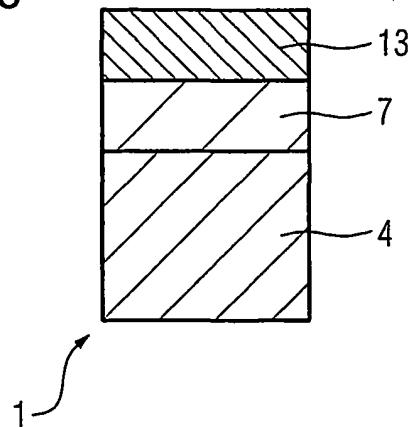


FIG 3



2/9

FIG 4

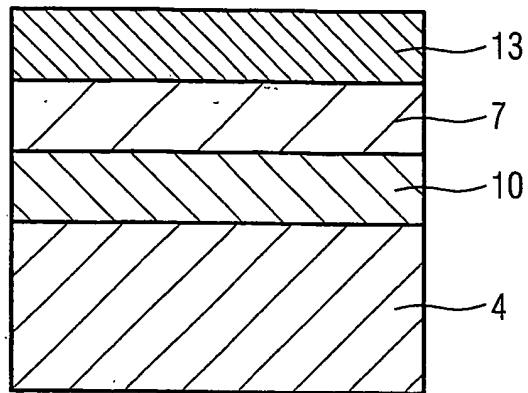


FIG 5

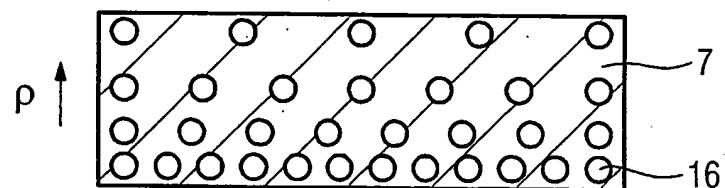


FIG 6

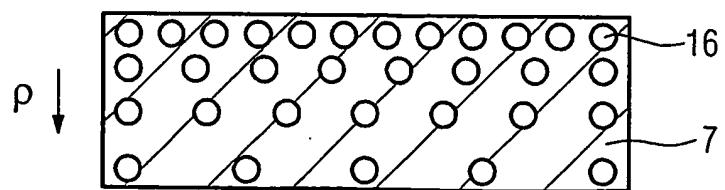


FIG 7A

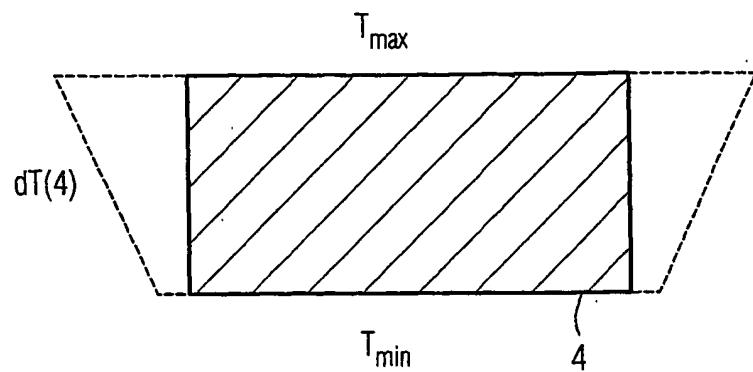
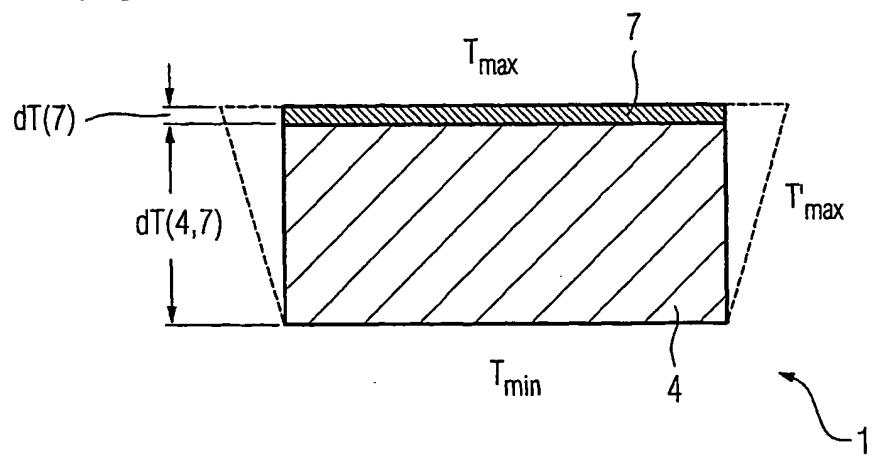
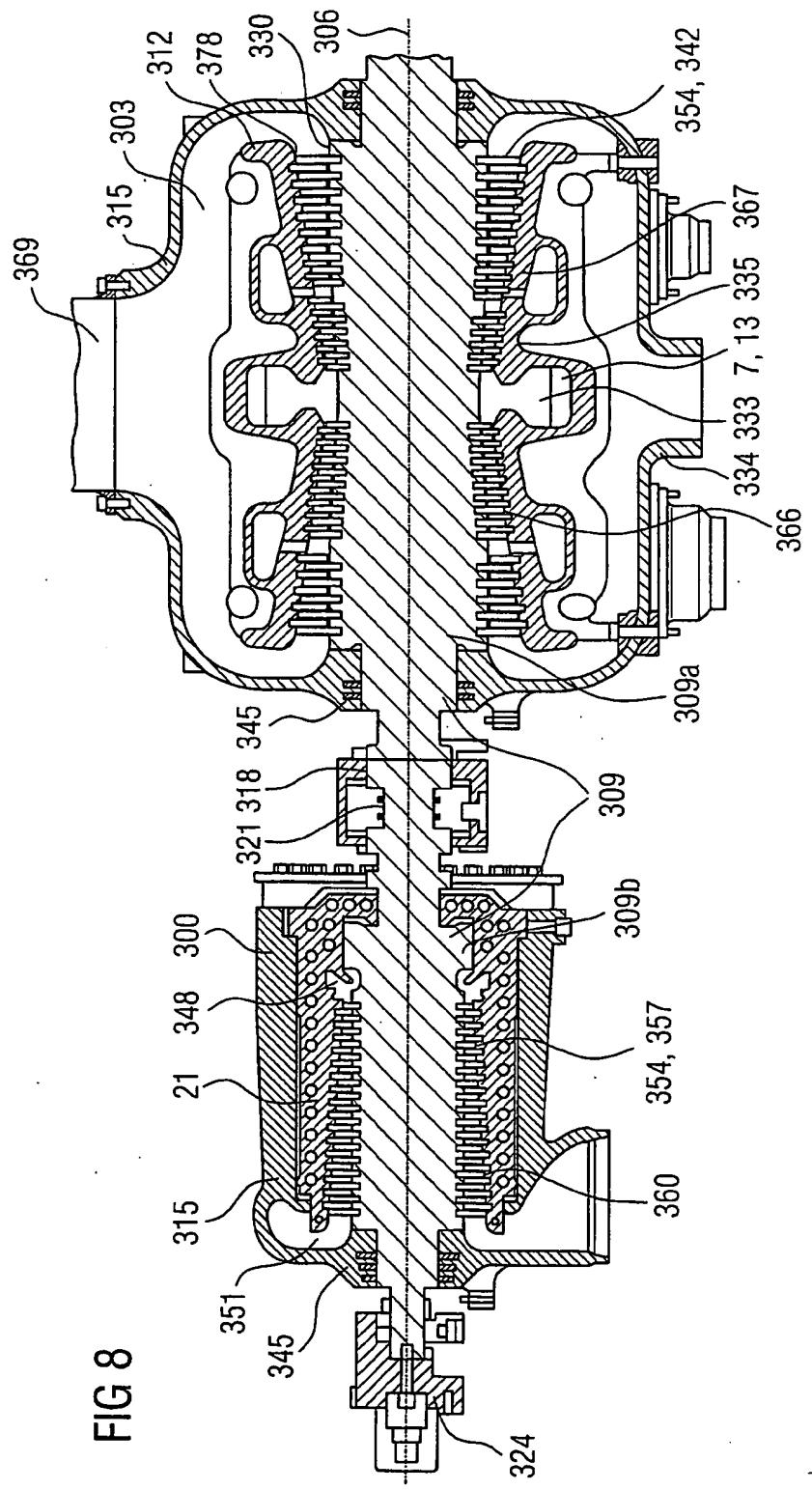


FIG 7B



4/9



8
FIG

5/9

FIG 9A

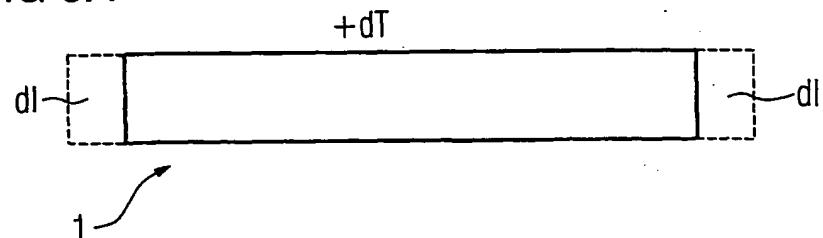


FIG 9B

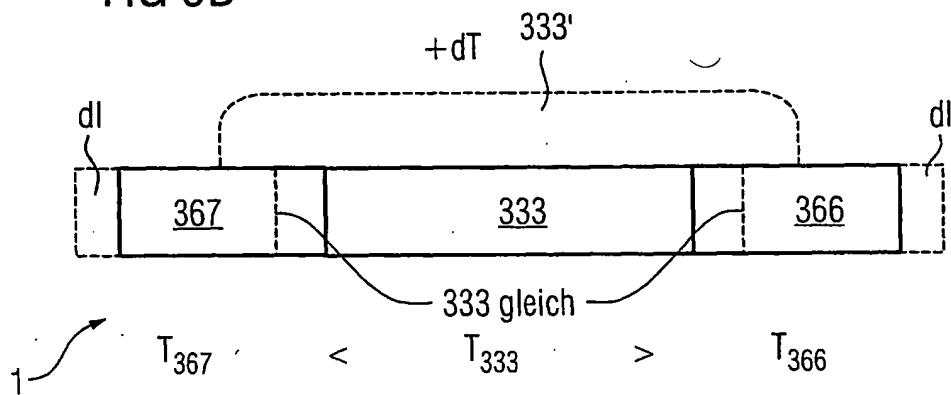
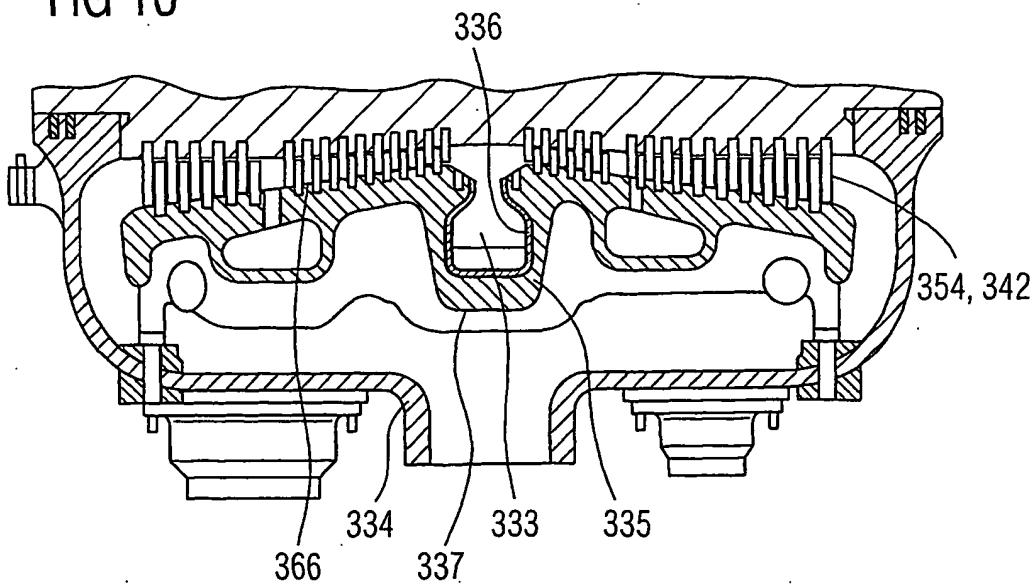


FIG 10



6/9

FIG 11

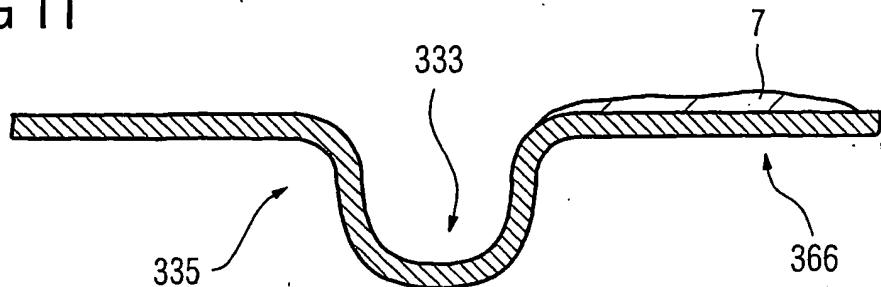


FIG 12

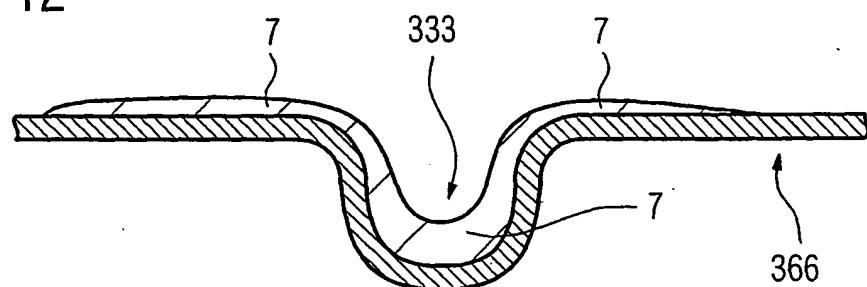
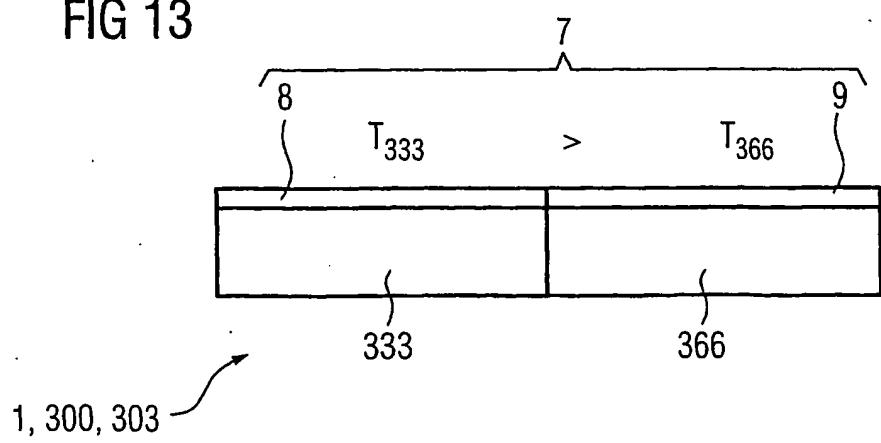


FIG 13



7/9

FIG 14

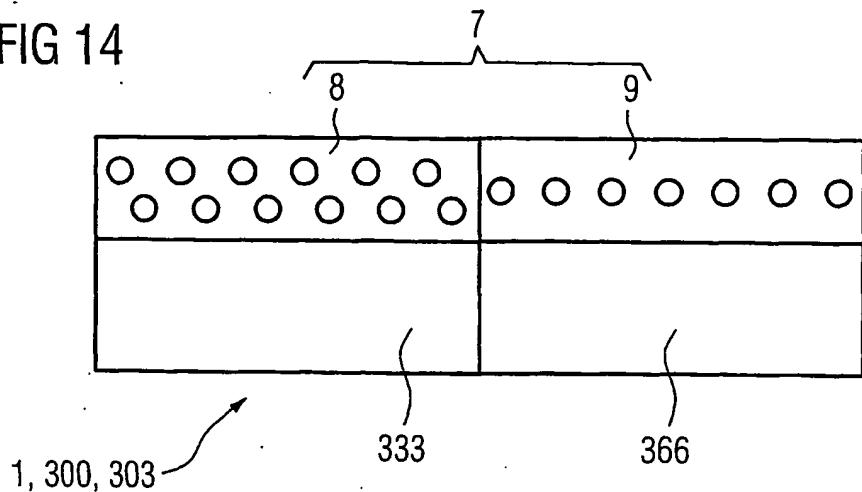
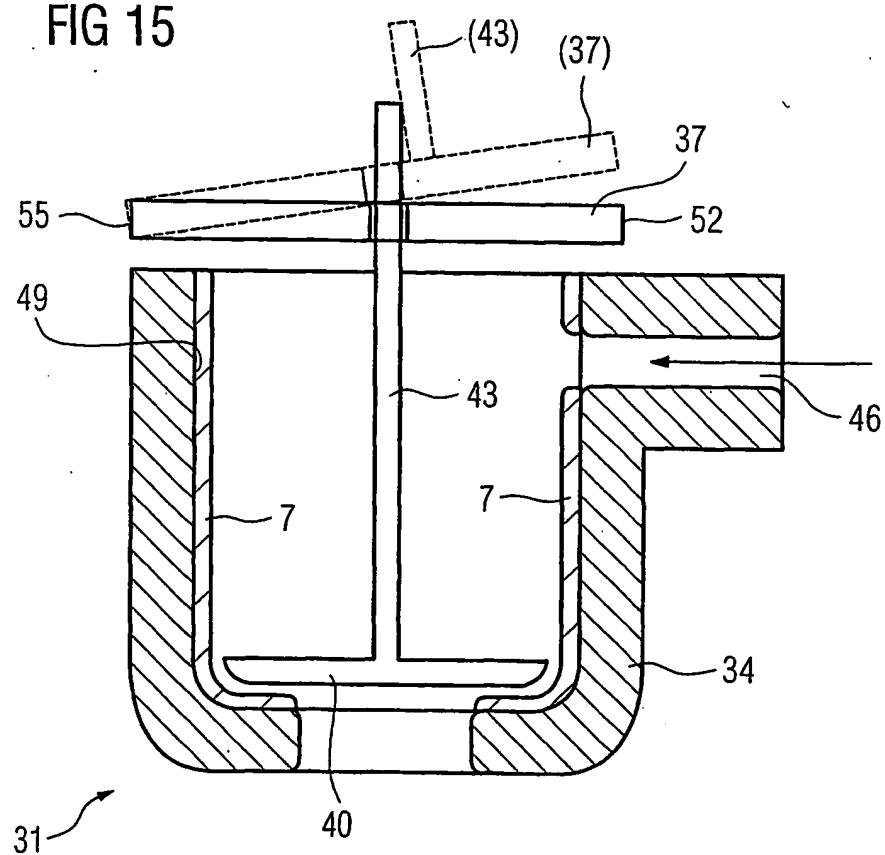
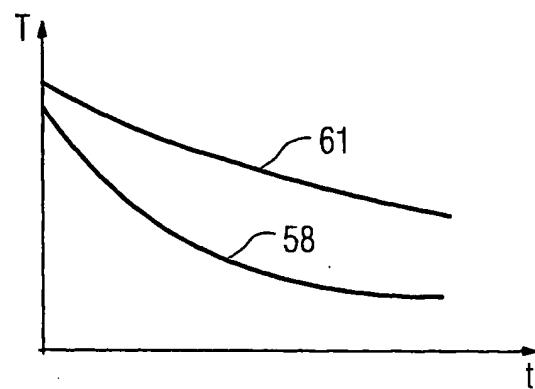
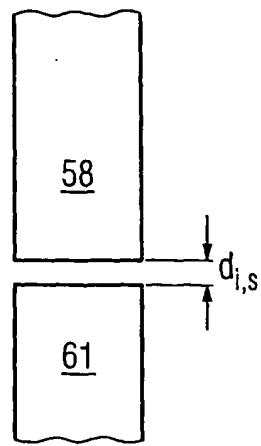


FIG 15



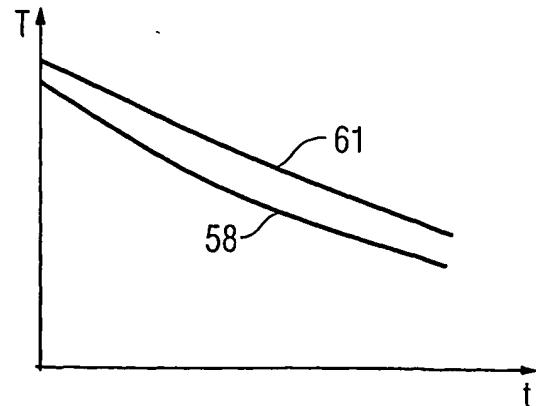
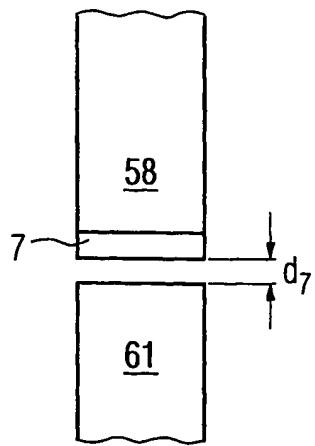
8/9

FIG 16



306

FIG 17



306

FIG 18

